

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



JC997 U.S. PTO  
09/884839  
06/19/01

#4  
8 Nov 01  
R. Talbot

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 29 381.6

**Anmeldetag:** 21. Juni 2000

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE;  
Universität Hamburg, Hamburg/DE.

**Bezeichnung:** Optischer Wellenleiter

**IPC:** G 02 B, G 02 F, H 01 S

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. März 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

5

21.06.00 Wn

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Optischer Wellenleiter

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht von der Gattung aus, wie im unabhängigen Anspruch 1 angegeben.

Die Anwendung von Faserlasern und Faserverstärkern in der optischen Nachrichtentechnik ist weit verbreitet.

20

Besonders sind hierbei die Erbium dotierten Faserverstärker zu nennen, welche sich schon seit einigen Jahren in kommerziellen terrestrischen Systemen bewährt haben. Diese Systeme haben einen sehr hohen Entwicklungsstand bezüglich Effizienz und Resistenz gegen diverse thermische und klimatische Bedingungen erreicht.

25

Insbesondere für die Unterwasserkommunikation und Intersatellitenverbindungen kommt zu den bei terrestrischen Applikationen existierenden Randbedingungen noch die über den Anwendungszeitraum von einigen Jahren akkumulierte Strahlungsschädigung hinzu, die zu einer langsamen Degradation der Performance bis zum Erlöschen des Laser- oder Verstärkerbetriebes führen kann.

30

Ursächlich dafür sind Farbzentren (also im sichtbaren und nahen infraroten Spektralbereich absorbierende Zentren) in den Fasern, die durch Herauslösen von Elektronen aus den Atomen der Laser- oder Verstärkermaterialien verursacht werden. Diese Elektronen sind nicht mehr stationär und können an anderen Atomen im Material und an Gitterleerstellen in langzeitstabile Zentren umgewandelt werden, die spektral breitbandige (einige hundert Nanometer) Absorption aufweisen. Die in diesen Zentren absorbierte Lichtleistung wird überwiegend in Wärme umgewandelt und schwächt das zur Aufrechterhaltung des Laser- oder Verstärkerbetriebes notwendige Nutzsignal.

Es wurden in der Vergangenheit verschiedene bei der Herstellung (Zucht) der Fasern variable Parameter untersucht (Ziehgeschwindigkeit, Temperatur, Ausgangsmaterialien) sowie die Einflüsse der zur

---

Einstellung des Brechungsindexprofils notwendigen Kodotierungen (z.B. Phosphor, Germanium, Aluminium) auf die Strahlungsresistenz der Fasern. [Radiation- induced coloring of erbium-doped optical fibers, G.M. Williams, M.A. Putnam, C.G. Askins, M.E. Gingerich, and E.J. Friebele, SPIE Vol. 1791 Optical Materials Reliability and Testing (1992) und Effect of natural Radioactivity on Optical Fibers of Undersea Cables, H. Henschel and E. Baumann, Jour. Lightwave Tech. Vol. 14, No. 5 May 1996].

Es stellte sich heraus, daß die Verwendung von Phosphor einen nachteiligen Effekt auf die Strahlungsbeständigkeit der Fasern hat, die alleinige Verwendung von Germanium hingegen die Strahlungsschäden mindern kann.

Ungeachtet dessen existieren bei Dotierung mit  
laseraktiven Ionen (Seltene Erden wie Erbium, Neodym,  
Ytterbium) bis heute keine überzeugenden Lösungen für  
akkumulierte Strahlungsdosen von 50 - 200 kRAD, welche bei  
5 Langzeitweltraumanwendungen oder Unterseekabeln auftreten.

Die Firma Schott bietet passive Gläser mit Cer-Kodotierung  
an, die jedoch nicht mit laseraktiven Ionen dotiert sind.  
Diese Gläser weisen vergleichsweise geringe durch  
10 Strahlung induzierte Absorptionen auf.

#### Vorteile der Erfindung

Der Anmeldungsgegenstand mit den Merkmalen des Anspruches  
15 1 hat folgenden Vorteil:

Durch Kodotierung (Zugabe) von Cer-Ionen zu den  
üblicherweise verwendeten Ausgangsmaterialien einer  
Faserzucht ermöglicht die Erfindung die Vermeidung von  
20 durch Gamma- und Protonenbeschuß induzierter Absorption  
und die damit verbundene Verringerung der  
Ausgangsleistung.

Mit der Erfindung ist eine Materialkombination für wenig  
25 strahlungsempfindliche Faserlaser und -verstärker  
geschaffen worden, die den Einsatz solcher Systeme im  
Weltraum oder anderen strahlungsbelasteten Hintergründen  
ermöglicht. Dabei ist es gelungen, den durch Strahlung  
induzierten Verlust an Effizienz auf ca. 30 % zu  
30 beschränken (bei 100kRad Co<sup>60</sup> Dosis).

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß das Ion Cer aus der gleichen chemischen Gruppe (Seltene Erden) stammt wie die laseraktiven Ionen, so daß eine Dotierbarkeit mit Cer immer gegeben ist, sofern sich das Fasermaterial mit laseraktiven Ionen der seltenen Erden-Gruppe dotieren läßt.

Die Wirkungsweise der Cer-Kodotierung ist noch Gegenstand weiterer Untersuchung, die Ursache für die Verhinderung der Farbzentrenbildung liegt aber höchstwahrscheinlich an einem Einfangen der durch die Strahlungswirkung aus dem Atom herausgeschlagenen Elektronen bevor diese ein Farbzentrum bilden können. Die Elektronen könnten am Cer lokalisiert werden, oder durch sogenannte Charge-Transfer-Übergänge wieder auf die Ausgangsatome zurück übertragen werden.

~~Anwendbar ist die Erfindung bei sämtlichen laseraktiven Ionen in Fasern [Neodym (Nd), Erbium (Er), Thulium (Tm), Holmium (Ho), Ytterbium (Yb), Praseodym (Pr)] und bei allen Faserausgangsmaterialien wie Silikatglas, Quarz, Fluoridglas.~~

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben, deren Merkmale auch, soweit sinnvoll, miteinander kombiniert werden können.

Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Die Figur zeigt für Faserverstärker mit verschieden dotierten Fasern die Abhängigkeit der Ausgangsleistung von der Pumpleistung.

5 Der Kern der Erfindung betrifft die Zugabe von Cer (z.B. bei Silikatgläsern in Form von  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ ) als zusätzliche Dotierung zu den mit laseraktiven Ionen dotierten Bereichen, insbesondere Zentralbereichen (Kernen) von Silikatfasern (Quarzfasern).

10 In der Figur bezieht sich die Kurve 3 und der Messpunkt 4 auf eine mit 0,6mol%  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  dotierte Aluminosilicatfaser (Quarzfaser mit Aluminium zum Einstellen des Brechzahlprofils). Kurve 3 zeigt die Verhältnisse ohne Bestrahlung, während der Messpunkt 4 nach Bestrahlung mit  
15 100kRAD Gamma ( $\text{Co}^{60}$ ) gemessen wurde.

---

20 Kurve 1 bezieht sich als Beispiel auf den Fall einer unbestrahlten Aluminosilicatfaser (Quarzfaser mit Aluminium zum Einstellen des Brechzahlprofils), die mit 0,6mol%  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  dotiert wurde, mit einer Kodotierung von 0,24 mol%  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ .

25 Diese Kodotierung mit 0,24 mol%  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  entspricht 40% der Dotierung mit 0,6 mol%  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ . Untersuchungen zeigten, daß eine Dotierung von 5% bis 200 % bezogen auf das Verhältnis der Oxide, z.B.  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  zu  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ , sinnvoll ist.

30 Kurve 2 zeigt, dass nach einer Bestrahlung mit 100kRAD Gamma ( $\text{Co}^{60}$ ) ein Rückgang der Ausgangsleistung des Faserverstärkers um nur noch ca. 30 % der vor der Bestrahlung gemessenen Ausgangsleistung erzielt wurde, während die nicht mit Cer kodotierte Vergleichsfaser

(gleiche Komposition nur ohne Cer) entsprechend dem  
Messpunkt 4 nach der Bestrahlung nicht mehr effizient als  
Verstärker betrieben werden konnte, da die durch  
Farbzentren induzierte Dämpfung zu groß war [Rückgang der  
5 Effizienz auf 20% (Messpunkt 4) derjenigen der  
unbestrahlten Faser (Kurve 3)].

Da die Zugabe von Cer auch einen Einfluss auf den  
Brechungsindex hat, kann bei einer Silikatfaser der Kern  
auch zum Einstellen des Brechzahlprofils kodotiert sein.

10  
Abwandlungsmöglichkeiten:

15 Die mit Cer kodotierte Yb-Faser eignet sich insbesondere  
als Bestandteil eines Leistungsverstärkers für Licht der  
Wellenlänge 1064nm in der optischen Intersatelliten-  
kommunikation (Datenaustausch zwischen zwei Satelliten  
mittels der auf dem Licht einer bestimmten Wellenlänge  
aufmodulierten Information, die zwischen den Satelliten im  
20 Freistahl übertragen wird). Der Leistungsverstärker  
befindet sich im Sendeteil eines Kommunikationssatelliten.

5

21.06.00 Wn

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

#### Ansprüche

15

1. Optischer Wellenleiter, der im Kern mit laseraktiven Ionen dotiert ist, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Kern zusätzlich mit Cer dotiert ist.

20

2. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierung mit Cer 5% bis 200% der in mol% angegebenen Konzentration der laseraktiven Ionen liegt.

25

3. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass er als Silikatfaser ausgebildet ist, und sein Kern auch zum Einstellen des Brechzahlprofils kodotiert ist.

30

4. Optischer Wellenleiter nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch seinen Einsatz als Bestandteil eines optischen Verstärkers.

5. Optischer Wellenleiter nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch seinen Einsatz als Bestandteil eines optischen Leistungsverstärkers.

6. Optischer Wellenleiter nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch seinen Einsatz als Bestandteil eines Lasers.

5 7. Optischer Wellenleiter nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch seinen Einsatz unter Strahlungsbelastung.

5

21.06.00 Wn

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Optischer Wellenleiter

15

Zusammenfassung

20

Optischer Wellenleiter, der im Kern mit laseraktiven Ionen dotiert ist, wobei der Kern zusätzlich mit Cer in einer Konzentration dotiert ist, die zwischen 5% und 200% der in mol% angegebenen Konzentration der laseraktiven Ionen liegt.

25

Anwendung in strahlenbelasteter Umgebung, beispielsweise im Weltraum.

30

Vorteil: Die Beeinträchtigung der Laseraktivität infolge von Strahlenbelastungen ist durch die Erfindung verringert.

(Fig. 1)

